

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-141063

(43) 公開日 平成7年(1995)6月2日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 6 F 1/20				
1/04	3 0 1 B		G 0 6 F 1/ 00	3 6 0 Z

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願平5-286335

(22) 出願日 平成5年(1993)11月16日

(71) 出願人 000001960

シチズン時計株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目1番1号

(72) 発明者 中村 里克

埼玉県所沢市大字下富字武野840番地 シ

チズン時計株式会社技術研究所内

(72) 発明者 諸川 滋

埼玉県所沢市大字下富字武野840番地 シ

チズン時計株式会社技術研究所内

(72) 発明者 矢野 敬和

埼玉県所沢市大字下富字武野840番地 シ

チズン時計株式会社技術研究所内

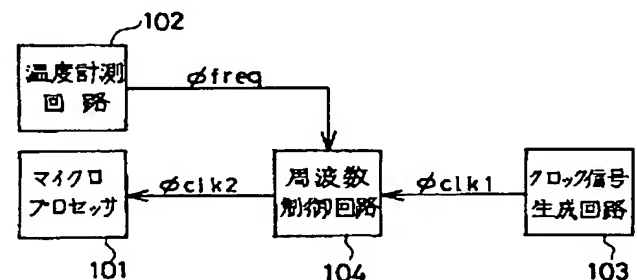
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 コンピュータシステム

(57) 【要約】

【目的】 コンピュータシステムにおいて、大型の放熱板や空冷用ファンを取り付けることなく、マイクロプロセッサからの放熱の問題を解決する。

【構成】 マイクロプロセッサ101および該マイクロプロセッサ101を駆動するためのクロック信号を発生する回路103を備えるコンピュータシステムであり、さらにマイクロプロセッサ101チップ表面の温度を計測する回路102と、マイクロプロセッサ101に供給するクロック信号 ϕ_{clk2} の周波数を制御する回路104を備え、システム動作中マイクロプロセッサ101チップ表面の温度によって、マイクロプロセッサ101に供給しているクロック信号 ϕ_{clk2} の周波数を変化させ、マイクロプロセッサ101の温度が規定値を越えることを防ぐ構造を備えることを特徴とするコンピュータシステム。



1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 マイクロプロセッサと、該マイクロプロセッサを駆動するためのクロック信号を発生する回路、および周辺回路を備えるコンピュータシステムであり、さらにマイクロプロセッサチップ表面の温度を計測する手段と、マイクロプロセッサに供給するクロック信号の周波数を変化させる手段を備え、システム動作中、マイクロプロセッサチップ表面の温度によって、マイクロプロセッサに供給しているクロック信号の周波数を変化させ、マイクロプロセッサチップの温度が規定値を越えて上昇することを防ぐ構造を備えることを特徴とするコンピュータシステム。

【請求項 2】 マイクロプロセッサと、該マイクロプロセッサを駆動するためのクロック信号を発生する回路、および周辺回路を備えるコンピュータシステムであり、さらにマイクロプロセッサで消費される電力を計測する手段と、マイクロプロセッサに供給するクロック信号の周波数を変化させる手段を備え、システム動作中、マイクロプロセッサの消費電力によって、マイクロプロセッサに供給しているクロック信号の周波数を変化させ、マイクロプロセッサチップの温度が規定値を越えて上昇することを防ぐ構造を備えることを特徴とするコンピュータシステム。

【請求項 3】 マイクロプロセッサと、該マイクロプロセッサを駆動するためのクロック信号を発生する回路、および周辺回路を備えるコンピュータシステムであり、さらにマイクロプロセッサ周辺の温度を計測する手段と、マイクロプロセッサに供給するクロック信号の周波数を変化させる手段を備え、システム動作中、マイクロプロセッサ周辺の温度によって、マイクロプロセッサに供給しているクロック信号の周波数を変化させ、マイクロプロセッサ周辺の温度が規定値を越えて上昇することを防ぐ構造を備えることを特徴とするコンピュータシステム。

【請求項 4】 請求項 1 か請求項 2 もしくは請求項 3 のコンピュータシステムにおいて、さらにマイクロプロセッサに供給する電源電圧を変化させる手段と、マイクロプロセッサと周辺回路の間の信号線上にレベル変換回路を備え、システム動作中、マイクロプロセッサチップもしくはマイクロプロセッサ周辺の温度、あるいはマイクロプロセッサの消費電力によって、マイクロプロセッサに供給しているクロック信号の周波数、およびマイクロプロセッサに供給している電源電圧を変化させ、マイクロプロセッサチップもしくはマイクロプロセッサ周辺の温度が規定値を越えて上昇することを防ぐ構造を備えることを特徴とするコンピュータシステム。

【請求項 5】 請求項 1 か請求項 2 もしくは請求項 3 のコンピュータシステムにおいて、さらにシステム全体の電源電圧を変化させる手段を備え、システム動作中、マイクロプロセッサチップもしくはマイクロプロセッサ周

2

辺の温度、あるいはマイクロプロセッサの消費電力によって、マイクロプロセッサに供給しているクロック信号の周波数、およびシステム全体の電源電圧を変化させ、マイクロプロセッサチップもしくはマイクロプロセッサ周辺の温度が規定値を越えて上昇することを防ぐ構造を備えることを特徴とするコンピュータシステム。

【請求項 6】 温度計測回路を内蔵し、計測結果を出力する外部端子を備えたマイクロプロセッサ集積回路であり、動作時において、マイクロプロセッサ内部温度の計測を行い、その計測結果を上記外部端子に出力する構造を備えることを特徴とするマイクロプロセッサ集積回路。

【請求項 7】 温度計測回路および、外部から供給された駆動クロック信号の周波数を変換してマイクロプロセッサ内部に供給する回路を内蔵したマイクロプロセッサ集積回路であり、動作時において、マイクロプロセッサ内部温度の計測を行い、該温度によってマイクロプロセッサ内部に供給する駆動クロック信号の周波数を変化させ、マイクロプロセッサ内部の温度が規定値を越えて上昇することを防ぐ制御を行う構造を備えることを特徴とするマイクロプロセッサ集積回路。

【請求項 8】 請求項 7 のマイクロプロセッサ集積回路において、さらに外部から供給された電源電圧を変化させてマイクロプロセッサ内部に供給する回路および、該変化された電圧で駆動される内部回路からの信号を外部電源電圧レベルに変換するレベル変換回路を内蔵し、動作時において、マイクロプロセッサ内部温度の計測を行い、該温度によってマイクロプロセッサ内部に供給する駆動クロック信号の周波数、および内部に供給する電源電圧を変化させ、マイクロプロセッサ内部の温度が規定値を越えて上昇することを防ぐ制御を行う構造を備えることを特徴とするマイクロプロセッサ集積回路。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明はコンピュータシステムに関するものである。

【0002】

【従来の技術】 近年、コンピュータシステムにおけるマイクロプロセッサの性能の向上が著しい。この性能の向上は、パイプライン処理やスーパースケラ処理等の新しいアーキテクチャーの採用によるマイクロプロセッサ自体の性能の向上と、マイクロプロセッサを駆動するクロック信号の高周波数化という両方の要素によって達成されているものである。

【0003】 マイクロプロセッサの駆動クロック信号の周波数が高くなるにつれて、マイクロプロセッサは多くの熱をチップ本体から発するようになってきており、この発熱がコンピュータシステムの設計において問題となってきた。すなわちこのようなマイクロプロセッサが搭載されたコンピュータシステムを長時間連続して使

10

20

30

40

50

3

用した場合、マイクロプロセッサから発せられる熱量の蓄積によって、マイクロプロセッサ自体およびシステムきょう体内部の温度が上昇し、システムの誤動作や素子の破壊等をおこす危険性があるからである。

【0004】この発熱問題に対処するため、最近のコンピュータシステムには、マイクロプロセッサチップに大型の放熱板や空冷用ファンを取り付けたり、システムきょう体に大型の空冷用ファンを取り付けきょう体内部の空気流量を十分に取るなどの放熱対策が取られている。

【0005】一方、近年いわゆるノートブック型やサブノートブック型と称される携帯型コンピュータの普及がめざましい。これらは机上スペースの大部分を占領してしまう従来のデスクトップ型コンピュータのイメージを一新し、A4やB5のサイズで厚さも数十ミリメートルのきょう体の中にコンピュータシステムを収めることに成功している。そしてこのタイプのコンピュータは、電源ソケットのない場所においても使用が可能のように、乾電池などのバッテリー電源によって駆動が可能のように設計されている。

【0006】これら携帯型のコンピュータが世の中に出始めた頃には、性能においては携帯型コンピュータは、据置型コンピュータに比べて劣っていても仕方がないという考え方が一般的であった。しかし最近携帯型コンピュータに対しても据置型コンピュータと同等の演算性能を求める要求が大きくなってきている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】上記要求に応えるため携帯型コンピュータに高性能・高周波数駆動のマイクロプロセッサを登載した場合、前記したマイクロプロセッサからの放熱が大きな問題となってくる。携帯型コンピュータにおいては、第一に小型・薄型を実現するためのスペースの問題から、第二にバッテリーによる駆動時間を確保するための消費電力の問題から、据置型コンピュータのように大型の放熱板や空冷用ファンをとりつける熱対策を取ることが難しいからである。

【0008】このため従来の携帯型コンピュータシステムにおいては、駆動周波数の低く、発熱量の小さいマイクロプロセッサを採用せざるを得ず、高性能化の要求に応えられないのが現状である。

【0009】本発明の目的は、大型の放熱板や空冷用ファンを取り付けることなく、マイクロプロセッサからの放熱の問題を解決し、駆動周波数の高い高性能マイクロプロセッサの使用を可能にすることである。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため本発明のコンピュータシステムは、マイクロプロセッサチップ表面の温度を計測する手段と、マイクロプロセッサに供給するクロック信号の周波数を変化させる手段を備え、システム動作中、マイクロプロセッサチップ表面の温度によって、マイクロプロセッサに供給しているク

4

ロック信号の周波数を変化させ、マイクロプロセッサチップの温度が規定値を越えることを防ぐ構造を備えることを特徴とする。

【0011】

【実施例1】本発明の基本構成を図1に示す。図1において101はマイクロプロセッサを、102は温度計測回路を、103はクロック信号生成回路を、104は周波数制御回路を、 $\phi clk1$ はクロック信号生成回路103で発生された原クロック信号を、 $\phi clk2$ はマイクロプロセッサ101に供給されるクロック信号を、 $\phi freq$ は周波数制御信号をそれぞれ示す。

【0012】近年大部分のマイクロプロセッサはCMOSで構成され、その駆動クロック信号の周波数は上限以下であれば任意の値で動作が可能である。マイクロプロセッサの演算性能は駆動クロック周波数に比例して高まるが、マイクロプロセッサチップからの発熱量もまた周波数が高まるにつれ増加する。

【0013】従来のコンピュータシステムにおいては、マイクロプロセッサを駆動するクロック信号の周波数は一定であったため、マイクロプロセッサチップからの発熱を減らすためには、常時低い周波数のクロック信号でマイクロプロセッサを駆動していたため、演算性能も同時に低下してしまっていた。

【0014】本発明のコンピュータシステムにおいては、通常時マイクロプロセッサ101は高い周波数のクロック信号によって駆動されている。温度計測回路102は常時マイクロプロセッサチップ表面温度の計測を行い、該温度があらかじめ規定された値に達した場合、周波数制御回路104に対して周波数低減の制御信号 $\phi freq$ を発生し、この制御信号を受け取った周波数制御回路104はマイクロプロセッサ101に供給するクロック信号 $\phi clk2$ の周波数を低減することで、マイクロプロセッサ101の発熱を抑えるという制御を行う。

【0015】あらかじめ規定する、周波数を切り換える温度や周波数低減時の周波数の値は、マイクロプロセッサの最大定格を元に、周波数による発熱量の変化の割合や動作条件などから実験的に求める必要がある。

【0016】マイクロプロセッサチップ表面の温度計測のためには、図2に示すようにチップ201表面に温度測定素子202を実装する。表面温度をできるだけ正確に計測するためには、実装の際に温度測定素子202をチップ201表面に密着させ、まわりをパテで埋めるなどの方法で接触熱抵抗を低く保つ必要がある。

【0017】温度測定素子としては、サーミスタや白金測温抵抗体のような測温抵抗体や、熱電対やp n接合半導体のような温度による電圧変化を持つものなどが使用可能である。

【0018】測温抵抗体を利用した温度計測回路102および周波数制御回路104の構成例を図3に示す。図3において301はマイクロプロセッサを、302は測

5

温抵抗体を、303は抵抗切り換え回路を、304は比較演算回路を、305はクロック信号生成回路を、306は分周回路を、307は同期回路を、308はクロック信号選択回路をそれぞれ示す。测温抵抗体には温度上昇にともなって抵抗値が増加するものと、逆に抵抗値が減少するものがあるが、いまここでは前者を使用しているとして図3の回路の説明を行う。

【0019】高周波クロック信号によって駆動されているマイクロプロセッサ301を連続使用することにより、時間の経過につれてマイクロプロセッサチップ301表面の温度は上昇し、それによって测温抵抗体302の抵抗値が増加するため、電圧 V_{thm} の値は上昇していく。

【0020】電圧 V_{thm} の値が、抵抗 R_2 と抵抗切り換え回路302の値によって定められた基準値 V_{ref} に達すると、比較演算回路303は周波数低減の制御信号 ϕ_{freq} を発する。

【0021】図3の回路においては周波数の変換手段として、原クロック信号 ϕ_{clk1} と分周回路306によって原クロック信号 ϕ_{clk1} から分周されたクロック信号 ϕ_1 の選択出力を用いている。クロック信号選択回路308には、原クロック信号 ϕ_{clk1} と分周されたクロック信号 ϕ_1 の2つのクロック信号が常時入力され、選択回路308は同期回路307からの制御信号 ϕ_2 によって、いずれかのクロック信号の出力を行う。

【0022】同期回路307は、制御信号 ϕ_{freq} と分周されたクロック信号 ϕ_1 との同期を取るために設けられている。これは周波数の切り換えが任意の位相で行われることによってクロック信号 ϕ_{clk2} の信号幅が一定でなくなることを防ぐためである。クロック信号 ϕ_1 に同期された制御信号 ϕ_2 によって制御を行うことによって、クロック信号の切り換えは常に一定の位相でクロック信号幅を保証して行われる。

【0023】周波数低減の制御信号 ϕ_2 を受け取ったクロック信号選択回路308はマイクロプロセッサに供給するクロック信号 ϕ_2 を原クロック信号 ϕ_{clk1} から分周された低周波数のクロック信号 ϕ_1 に切り換える。駆動周波数が低下されたマイクロプロセッサ301は発熱量が減少し、表面温度は徐々に低下していく。

【0024】抵抗切り換え回路303は、クロック信号 ϕ_{clk2} の周波数低減時において基準電圧 V_{ref} を変化させるために設けられている。基準電圧 V_{ref} は常時同じ値で、その基準値のみでの制御を行うことも可能であるが、制御を安定させるためと冷却効果を大きくするために、周波数低減時において基準電圧 V_{ref} を変更することは有効な手段である。

【0025】マイクロプロセッサ301の表面温度が低下し、電圧 V_{thm} の値が、低下された基準電圧 V_{ref} の値にまで降下すると、選択回路308は再び高周波数の原クロック信号 ϕ_{clk1} をマイクロプロセッサに

6

対して供給し始める。

【0026】このように本発明のコンピュータシステムは大型の放熱板や空冷用ファンなしでも、マイクロプロセッサの温度が定格を越えて異常に上昇してしまうことを防ぐことが可能である。そしてマイクロプロセッサの温度が特に上昇したときには駆動クロック信号の周波数は低減され、演算性能は一時的に低下してしまうが、その他大部分の時間はマイクロプロセッサは高周波数のクロック信号によって駆動されるので、高速な演算処理が可能である。

【0027】図3で説明した構造を備えた実際の回路図の例を図4に示す。図4において403はアナログスイッチを示し、図3における抵抗切り換え回路303の役割を担っている。制御信号 ϕ_{freq} がHILEVELの時には $V_{ref} = V_{cc} * R_3 / (R_2 + R_3)$ であるが、制御信号 ϕ_{freq} がLOWLEVELになると $V_{ref} = V_{cc} * R_3 / (R_2 + R_3 + R_2 * R_3 / R_4)$ に低下する。

【0028】404は比較演算器であり、 $V_{thm} > V_{ref}$ でHILEVEL、 $V_{thm} < V_{ref}$ でLOWLEVELを出力する。405は水晶振動子であり、反転増幅回路406を用いた発振回路によって原クロック信号 ϕ_{clk1} を生成する。

【0029】407と408は立ち上がりエッジ動作のデータタイプフリップフロップを示し、フリップフロップ407は図3における分周回路306に、フリップフロップ408は同期回路307に相当する。なお図4の回路においては単純化のために分周比を $1/2$ としてある。

【0030】测温抵抗体を用いた温度計測回路は温度計など特に精密な温度測定が必要な用途では、测温抵抗体における温度・抵抗関係の非直線性を補正するためのリニアライズ回路や、测温抵抗体と比較演算回路間の導線抵抗を補償する回路などを付加する場合がある。しかし本発明の用途においては、これら補正回路を省いた図4に示すような単純な回路でも十分にその任を果たし得ると考えられる。

【0031】図4の回路においては、2つの基準値による制御を行っているが、さらに細かい制御を行いたい場合には、基準値の数を増加させた制御が有効である。基準値を増加させたシステムの構成例を図5に示す。図5において503は3ビットのアナログーデジタル変換回路を、505は多段の分周回路を、 ϕ_{freq1} から ϕ_{freq3} は周波数制御信号を、 ϕ_1 から ϕ_7 は分周されたクロック信号をそれぞれ示す。

【0032】図5に示したシステムにおいては、温度測定回路502から送られるマイクロプロセッサ501表面の温度に応じた電圧 V_{thm} は、アナログーデジタル変換回路503によってデジタル化され、これを受け取ったクロック信号選択回路506は、制御信号に応じた

7

クロック信号を選択し出力するという制御が行われる。

【0033】さらにマイクロプロセッサ表面の温度に応じて、連続的に周波数を変化させる構造のシステムの構成例を図6に示す。図6において602は正の温度-抵抗計数を持った測温抵抗体を、603はコンデンサを、604と605と606は反転増幅回路を、 ϕclk はマイクロプロセッサ601に供給されるクロック信号をそれぞれ示す。

【0034】反転増幅回路を奇数個つないだ、いわゆるリングオシレータによる発振においては、出力クロック信号の周波数は反転増幅回路間の抵抗成分と容量成分の積に反比例する。

【0035】したがって図6の回路においては、マイクロプロセッサ601の表面の温度が上昇すると、その表面に実装された測温抵抗体602の抵抗値が増すため、クロック信号 ϕclk は低下し、マイクロプロセッサ601の発熱を抑えるという負帰還制御が行われ、マイクロプロセッサ601表面の温度が規格値を越えて上昇することを防止する。

【0036】

【実施例2】実施例1に述べたコンピュータシステムにおいては、温度計測素子をマイクロプロセッサ表面に実装しなくてはならないため、製品の組立作業が複雑化し、量産効率を悪化させてしまうという問題がある。

【0037】マイクロプロセッサの発する熱量はその消費電力に比例するため、マイクロプロセッサ表面の温度を計測する代わりに、マイクロプロセッサで消費される電力を測定し、その値によってマイクロプロセッサに供給するクロック信号の周波数を変化させ、マイクロプロセッサの温度を制御することも可能である。

【0038】本実施例の最も簡易な構成例を図7に示す。図7においては、マイクロプロセッサ701で消費される電流の絶対値による周波数の制御を行っている。すなわち消費電流 $\times Ri$ の値を基準電圧 $Vref$ と比較してクロック信号 ϕclk の周波数の制御を行う仕組みである。

【0039】マイクロプロセッサの発する熱量は消費電力に比例すると上記したが、実際には電力量、すなわち電力の時間による積分量に比例する。したがって図7の例のような電流の絶対値だけではなく、その積分量による制御を行うことで、さらに精度の良い制御が可能になる。

【0040】もちろん電力の累積を得るといっても厳密な値が必要なわけではなく、比較的簡単な手段によっても十分な効果が期待できる。例えば図7において比較演算回路702とクロック信号生成回路および周波数制御回路703の間にタイマ回路を設け、基準を越える電流値が、一定時間連続して流れたときに限り、マイクロプロセッサ701に対するクロック信号 ϕclk の周波数を低下させるような方法でも良い。

8

【0041】もう少し精度の良い制御が可能になる構成を図8に示す。図8において802は演算増幅器（オペアンプ）を、803はアナログ-デジタル変換回路を、804はリセット機能を備えたカウント回路を、805は一定時間毎に割り込み信号を発するタイマ回路をそれぞれ示す。

【0042】アナログ-デジタル変換回路803は、マイクロプロセッサ801の消費電流を電圧に変換した値 V_i をデジタル値 $\phi 1$ から ϕN に変換して、カウント回路804に送る。カウント回路804はこれらの値を加算するはたらきを備え、タイマ回路805によって計測される規定時間内に加算された結果の値によって、クロック信号 ϕclk の周波数の制御を行う。

【0043】現在アナログ-デジタル変換回路を内蔵した1チップマイコンが市販されているので、上記の制御にこれを使用することも良い方法である。

【0044】

【実施例3】実施例1においてはマイクロプロセッサチップの温度を計測して周波数の制御を行ったが、システムの構成によってはマイクロプロセッサからの熱の放射による温度の上昇が、周辺回路に悪影響を及ぼすという場合がある。例えば温度の影響を受け易いアナログ系回路などがマイクロプロセッサの近傍に配置されていた場合などは注意が必要である。

【0045】こうした場合周辺回路に温度計測回路を設け、マイクロプロセッサに対するクロック信号の周波数の制御を行うことで、周辺回路の温度を制御することが可能である。

【0046】本実施例における温度計測回路の構造や温度制御の仕組みは、温度測定素子の取り付け場所を除いて、請求項1で説明したものと同一であるので、ここでは説明を省略する。

【0047】周辺回路の温度の計測では温度計測素子を基板上に実装することが可能であるため、実施例2のシステムと同様、本実施例のコンピュータシステムは製品の量産化に対応し易いという利点もある。

【0048】周辺回路に設ける温度測定点は1カ所に限る必要はなく、複数点で温度測定を行い、マイクロプロセッサに対するクロック信号の周波数の制御を行うことが可能である。

【0049】また実施例1もしくは実施例2のマイクロプロセッサの温度による周波数の制御と、本実施例の周辺回路の温度による周波数の制御を組み合わせた制御を行うことも可能である。

【0050】

【実施例4】市販のマイクロプロセッサの中には、低消費電力化に対応するため電源電圧を規定の値より下げた状態でも使用可能な製品がある。一般に半導体の消費電力は電源電圧の2乗に比例するので、電源電圧を低下させることは、消費電力ならびに発熱の低減に大きな効果

がある。

【0051】実施例1から実施例3において説明したコンピュータシステムにおいては、マイクロプロセッサに供給するクロック信号の周波数を低減することによって、マイクロプロセッサからの発熱を抑えていた。発熱抑止のため周波数を低減している間は、当然演算速度も低減してしまうので、この時間はなるべく短いことが望ましい。

【0052】本実施例のシステムにおいては、周波数低減時にマイクロプロセッサに供給する電源電圧の値も同時に低下させることで、マイクロプロセッサもしくは周辺回路の温度の速やかな低下を実現する。

【0053】本実施例におけるコンピュータシステムの基本構成を図9に示す。図9において905は電圧制御回路を、906はレベル変換回路を、907はシステム周辺回路を、 ϕvcc は電圧制御信号を、 $Vcpu$ はマイクロプロセッサ901およびクロック信号生成回路903と周波数制御回路904に供給される駆動電圧を、 $\phi bus1$ および $\phi bus2$ はマイクロプロセッサ901と周辺回路907間でやりとりされる信号群をそれぞれ示す。

【0054】温度計測回路902はマイクロプロセッサ901表面もしくは周辺の温度を計測し、該温度があらかじめ規定された値に達した場合、周波数制御回路904に対して周波数制御信号 $\phi freq$ を、電圧制御回路905に対して電圧制御信号 ϕvcc を発する。

【0055】周波数制御信号 $\phi freq$ を受け取った周波数制御回路904はすでに実施例1から3において述べたように、マイクロプロセッサ901に対するクロック信号 ϕclk の周波数を低下させ、同様に電圧制御信号 ϕvcc を受け取った電圧制御回路905はマイクロプロセッサ901に供給する駆動電圧 $Vcpu$ を低下させる。

【0056】これら2つの制御信号は別々の規定温度で発せられてもよいし、同時に発せられてもよいが以下に述べる点に注意が必要である。

【0057】CMOS集積回路においては電源電圧が低下するにつれて、出力抵抗が増加するため、電源電圧の低下に比例して駆動周波数の上限は低くなる。したがって周波数および駆動電圧の制御はこれらの関係を満たすような範囲で行う必要がある。

【0058】電圧制御回路905としては電圧の制御が2値の場合には、電源電圧 Vcc と3端子レギュレータ等によって作りだした低電圧との選択出力を行うことが最も簡易な方法である。電圧が多値の制御の場合には、降圧型DC-DCコンバータの帰還抵抗値を変化させる制御や、市販の可変出力3端子レギュレータを使用した制御などが考えられる。

【0059】マイクロプロセッサ901と周辺回路907の間は多くの信号線によって結ばれ、情報のやりとり

が行われている。マイクロプロセッサ901からの発熱を抑止するための制御によって、マイクロプロセッサ901に供給する駆動電圧 $Vcpu$ の値が低下すると、周辺回路907との情報のやりとりの際、信号の電位レベルが合致しなくなり、データエラー等を引き起こす危険性が生まれてくる。

【0060】この問題を解決するために、マイクロプロセッサ901と周辺回路907間の信号線の途中に、レベル変換回路906を設ける必要がある。

【0061】レベル変換回路の回路図の例を図10-AおよびBに示す。図10-Aは低レベル電位の信号から高レベル電位信号へのレベル変換回路である。低レベル電位の入力信号 ϕLin が、LOWレベル信号であってもHIGHレベル信号であっても、正帰還がかかる構造を備え、入力信号 ϕLin と同一論理の Vcc レベルの信号 $\phi Hout$ が出力される。

【0062】逆に図10-Bは高レベル電位の信号から低レベル電位信号へのレベル変換回路である。入力保護回路における電源電圧側のダイオードを削除し、電源電圧だけを使用して論理レベルの変換を行うことにより、入力信号 ϕHin の電位レベルに無関係に、 $Vcpu$ レベルの信号 $\phi Lout$ が出力される。なお通常、電源電圧側の保護ダイオードによって行われている正の過大電流に対する内部回路の保護対策は、GND側の保護ダイオード1001および1002をツェナーダイオードとすることで行っている。

【0063】データバスのような双方向信号に対するレベル変換回路は、上記した2つのレベル変換回路を組み合わせ、方向制御信号によって一方の回路を有効に、他方を無効にすることで、信号の向きを制御する。

【0064】

【実施例5】実施例4に述べたコンピュータシステムにおいては、マイクロプロセッサと周辺回路間の全ての信号線にレベル変換回路を入れなくてはならないため、周辺回路の規模が大きいシステムにおいてはスペースおよびコストの面で問題が生じる。

【0065】周辺回路が低電圧駆動可能なデバイスによって構成されているシステムの場合には、発熱抑止の制御の際、マイクロプロセッサに供給するクロック信号の周波数を低減するとともに、システム全体の電源電圧を低下させることで、レベル変換回路なしで実施例4のシステムと同様な効果を得られる。

【0066】本実施例におけるシステムの構成例を図11に示す。図11において1105は電源回路を、1106はバッテリーやACアダプタ等の電力供給源を、 $Vbat$ は電源からの供給電圧を、 Vcc はシステムの電源電圧を、 ϕvcc は電源電圧制御信号をそれぞれ示す。

【0067】温度計測回路1102はマイクロプロセッサ1101表面もしくは周辺の温度を計測し、該温度が

あらかじめ規定された値に達した場合、周波数制御回路 1104 に対して周波数制御信号 $\phi freq$ を発するとともに、電源回路 1105 に対して電源電圧制御信号 ϕvcc を発する。

【0068】周波数制御信号 $\phi freq$ を受け取った周波数制御回路 1104 はすでに実施例 1 から 4 において述べたように、マイクロプロセッサ 1101 に対するクロック信号 ϕclk の周波数を低下させ、同様に電圧制御信号 ϕvcc を受け取った電源回路 1105 はシステム電源電圧 Vcc を低下させる。

【0069】電源からの供給電圧 $Vbat$ をシステム電源電圧 Vcc に変換する手段としては、高い変換効率の得られる DC-DC コンバータ回路が多く用いられる。出力電圧可変構造を備えた DC-DC コンバータ方式の電源回路の例を図 12 に示す。

【0070】図 12 において 1201 はパルス発生回路を、1202 は基準電位回路を、1203 は抵抗切り換え回路をそれぞれ示す。図 12 の回路は昇圧型 DC-DC コンバータ回路であり、出力電圧を抵抗で分圧して帰還をかけることにより、常に出力電圧が一定になるような制御を行っている。

【0071】図 12 の回路はさらに抵抗切り換え回路 1203 を備え、電源電圧制御信号 ϕvcc によって帰還抵抗の値を切り換えることにより出力電圧 Vcc を変化させることが可能である。抵抗切り換え回路については請求項 1 において述べたのでここでは説明を省略する。

【0072】さらに帰還抵抗の部分に測温抵抗体として、マイクロプロセッサ表面もしくは周辺に配置することにより、電源電圧 Vcc の値を連続的に変化させる制御を行う方法も考えられる。

【0073】電源電圧 Vcc を変化させる他の手段としては、2 つ以上の電圧源からの選択出力や、市販の可変出力 3 端子レギュレータを使用した制御などが考えられる。

【0074】なお実施例 4 においても述べたように、駆動電圧の低下にともなってマイクロプロセッサの駆動周波数の上限も低下するので、周波数および電源電圧の低減の制御はこれらの関係を満たす範囲で行う必要がある。

【0075】

【実施例 6】実施例 1 に述べたコンピュータシステムにおいてマイクロプロセッサの温度を正確に計測するためには、温度計測素子をマイクロプロセッサ表面に実装しなくてはならないため、製品の組立作業が複雑化し、量産効率を悪化させてしまうという問題点があった。

【0076】一方実施例 2 に述べたコンピュータシステムにおいては上記の問題は回避できるものの、消費電力という間接的なものを測定の対象としているため、制御の精度において実施例 1 のシステムには及ばない。

【0077】マイクロプロセッサを設計・製造する際、

あらかじめ温度計測回路をマイクロプロセッサチップ内に内蔵し、測定結果を外部に出力する端子を備えることによって、上記した 2 つの問題を同時に解決した、マイクロプロセッサ温度抑制の制御が可能になる。

【0078】マイクロプロセッサチップ内に内蔵する温度制御回路は実施例 1 で述べたのと同様に、測温抵抗体や熱電対等が使用可能であるが、これらを用いた電圧変化によって温度計測を行う方法においては以下の点に注意が必要である。

10 【0079】すなわち温度計測結果を外部出力するために、上記温度測定素子とともに比較演算器やバッファ回路などをチップ内に内蔵した場合、これらの半導体回路における pn 接合部もすべて温度による電圧の変化が伴うという点である。

【0080】したがって上記したような温度制御回路をマイクロプロセッサに内蔵して、実施例 1 に述べたようなマイクロプロセッサの温度制御を行う際には、半導体回路の温度による電圧変動も考慮にいれて、制御値を実験的に求める必要があるが、それでも温度変化の範囲が大きい場合には制御が正確に行われないう危険性もある。

20 【0081】このような問題を避けるためには、マイクロプロセッサチップ内に内蔵するのは温度測定素子のみとするか、あるいは電圧以外のパラメータによる温度測定を行う必要がある。

【0082】こうした用途に好適なのが図 13 に示すようなリングオシレータを用いた周波数の変化による温度測定回路である。図 13 において 1301 はレベル変換回路を、1302 は分周回路を、1303 は周波数差分回路を、1304 はカウント回路を、 ϕclk は基準クロック信号を、 ϕthm は外部に出力する温度計測結果をそれぞれ示す。

30 【0083】リングオシレータの発振周波数は比較的大きな電圧係数および比較的小さな温度係数の両方を持っているので、温度測定回路として使用する場合には、電圧の変化を極力抑える必要がある。図 13 の回路においては、リングオシレータの電圧供給源として、定電圧源回路としてよく知られているバンドギャップレギュレート回路を用いて、電源電圧の変動がリングオシレータに及ぼす影響を抑止している。

40 【0084】リングオシレータの発振周波数の温度係数は、駆動電圧がスレッショルド電圧より高い範囲で使った場合には負であり、逆にスレッショルド付近からそれ以下の範囲で使った場合には正となる。これはスレッショルドより高い電圧ではモビリティの温度に対する影響が、スレッショルド付近からそれ以下ではスレッショルドの温度に対する影響が強くなるからである。

50 【0085】温度による周波数の変化を検知するためには、基準となる周波数が必要である。幸いコンピュータシステム内には水晶振動子の発振によってつくられたク

13

ロック信号が存在する。水晶振動子の発振によってつくられたクロック信号は温度による周波数の変化が10の-5乗から-6乗のオーダーであるので、周波数の基準として使用するには好適である。

【0086】注意しなければならない点は、本発明のコンピュータシステムにおいてはマイクロプロセッサの駆動クロック信号は、温度抑制制御のために周波数が変化するので、基準クロック信号としては使用できない。システム内の周波数が変化しないクロック信号、例えば駆動クロック信号の源クロック信号等をマイクロプロセッサチップ内に入力させて、基準クロック信号 ϕ_{clk} とする必要がある。

【0087】図13の回路においてはリングオシレータで発振されたクロック信号はレベルシフトされ、基準クロック信号とだいたい同じオーダーの周波数とするため分周された後、周波数差分回路1303において基準周波数 ϕ_{clk} と比較される。周波数差分回路1303の構造としては2つの入力をAND回路もしくはOR回路に通し、その出力の高周波成分をローパスフィルタによってカットすることによって、2つの入力クロック信号の周波数の差が得られる。

【0088】こうして得られた差分信号をカウント回路によって計測することで、温度変化の計測ができ、測定結果信号 ϕ_{thm} をチップ外部に出力し、実施例1で述べたのと同様なクロック信号の周波数制御を行うことで、マイクロプロセッサの温度抑制制御が可能になる。

【0089】図13の回路は単体部品によって構成すると結構大がかりな回路になってしまうが、マイクロプロセッサとともにチップ内につくり込むことで、測温抵抗体や熱電対等の特殊な素子をチップに内蔵するよりも、かえってコストおよび面積の両方を低く抑えることが可能になる。

【0090】

【実施例7】実施例6においては温度測定回路をチップ内に内蔵したマイクロコンピュータ集積回路について述べたが、さらに周波数制御回路も内蔵することによって、外付け部品不要で、実施例1に述べたようなマイクロプロセッサの温度制御が可能になる。

【0091】本実施例の基本構成を図14に示す。図14において1401はマイクロプロセッサチップを、1402はマイクロプロセッサ回路を、1403はマイクロプロセッサチップに内蔵された温度計測回路を、1404はチップに内蔵された周波数制御回路を、1405はクロック信号生成回路を、 ϕ_{clk1} はマイクロプロセッサチップ1401に供給される源クロック信号を、 ϕ_{clk2} はマイクロプロセッサ部1402に供給される駆動クロック信号を、 ϕ_{freq} は周波数制御信号を、 ϕ_{cnt} は周波数制御許可信号をそれぞれ示す。

【0092】図14のマイクロプロセッサ集積回路は、温度制御回路1403がマイクロプロセッサチップ14

14

01の温度を計測し、その結果によって周波数制御回路1404はマイクロプロセッサ回路1402に供給するクロック信号 ϕ_{clk2} の周波数を変化させて、マイクロプロセッサチップ1401の温度の上昇を抑えるという実施例1において述べた制御を、外部からの信号なしに集積回路自身が行う構造を備える。

【0093】したがって本実施例のマイクロプロセッサを使用することで、システム設計者は、マイクロプロセッサからの発熱の問題にはまったく気を使わずにシステムの設計が可能になる。

【0094】なおマイクロプロセッサを常に最高周波数で使いたい用途等のために、周波数制御回路1404の動作の許可・禁止を外部からの信号 ϕ_{cnt} によって制御できる構造とすることで、よりフレキシブルなシステムへの対応が可能になる。

【0095】

【実施例8】実施例7においては温度測定回路および周波数制御回路をチップ内に内蔵したマイクロコンピュータ集積回路について述べたが、さらに電圧制御回路およびレベル変換回路を内蔵することによって、外付け部品不要で、実施例4に述べたようなマイクロプロセッサの温度制御が可能になる。

【0096】本実施例の基本構成を図15に述べる。図15において1504は電圧制御回路を、1506と1507と1510はレベル変換回路をそれぞれ示す。

【0097】図15のマイクロプロセッサは、チップの温度によってクロック信号 ϕ_{clk2} の周波数および駆動電圧 V_{cpu} の値を変化させ、チップの温度の異常な上昇を防ぐ制御を、外部からの信号なしで行う構造を備える。温度制御の詳細に関してはすでに実施例4において述べたので、ここでは説明を省略する。

【0098】なおマイクロプロセッサを常に最高周波数で使いたい用途等のために、電圧制御回路1504および周波数制御回路1505の動作の許可・禁止を外部からの信号 ϕ_{Vcnt} および ϕ_{Fcnt} によって制御できる構造とすることで、よりフレキシブルなシステムへの対応が可能になる。

【0099】

【発明の効果】以上述べてきたように本発明のコンピュータシステムは、高い演算性能を保ったまま、大型の放熱板や空冷ファンなしでも、マイクロプロセッサの温度が定格値を越えて異常に上昇してしまうことを防止することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施例1におけるシステムの基本構成図である。

【図2】マイクロプロセッサ表面に温度測定素子を取り付けたときの模式図である。

【図3】実施例1におけるシステムの構成例である。

【図4】実施例1における温度測定回路および周波数制

15

御回路の例である。

【図 5】実施例 1 におけるシステムの構成例である。

【図 6】実施例 1 におけるシステムの構成例である。

【図 7】実施例 2 におけるシステムの構成例である。

【図 8】実施例 2 におけるシステムの構成例である。

【図 9】実施例 4 におけるシステムの基本構成図である。

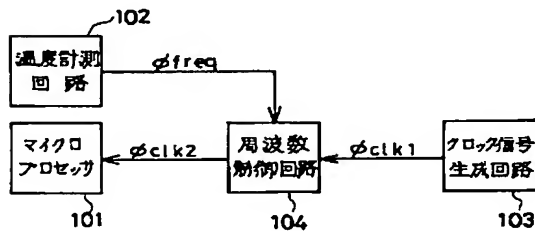
【図 10】実施例 4 におけるレベル変換回路の例である。

【図 11】実施例 5 におけるシステムの基本構成図である。

【図 12】実施例 5 における電源回路の例である。

【図 13】実施例 6 における温度計測回路の例である。*

【図 1】



* 【図 14】実施例 7 における集積回路の基本構成図である。

【図 15】実施例 8 における集積回路の基本構成図である。

【符号の説明】

101 マイクロプロセッサ

102 温度測定回路

103 クロック信号発生回路

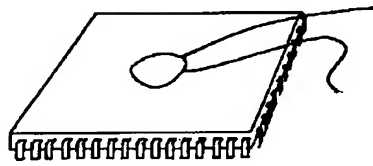
104 周波数制御回路

φclk1 源クロック信号

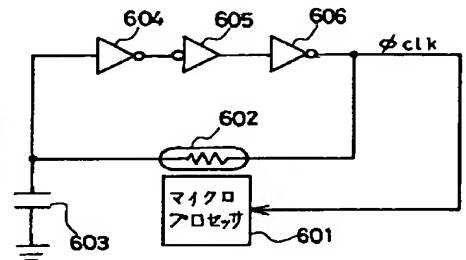
φclk2 マイクロプロセッサ駆動クロック信号

φfreq 周波数制御信号

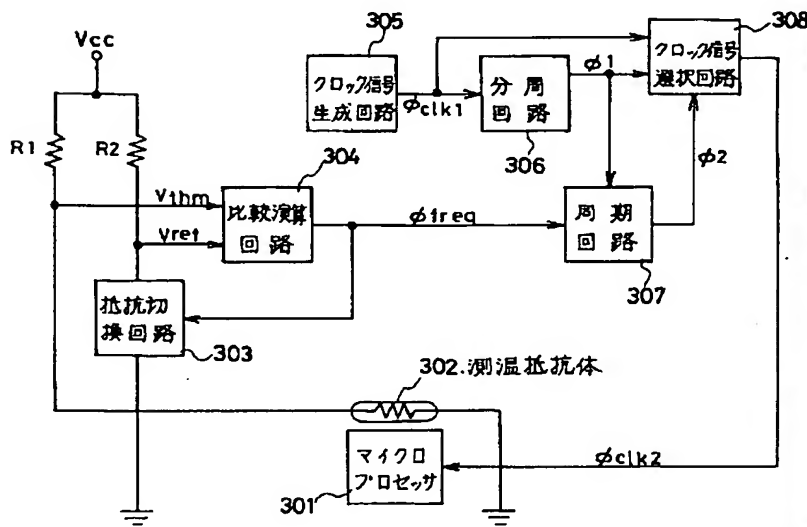
【図 2】



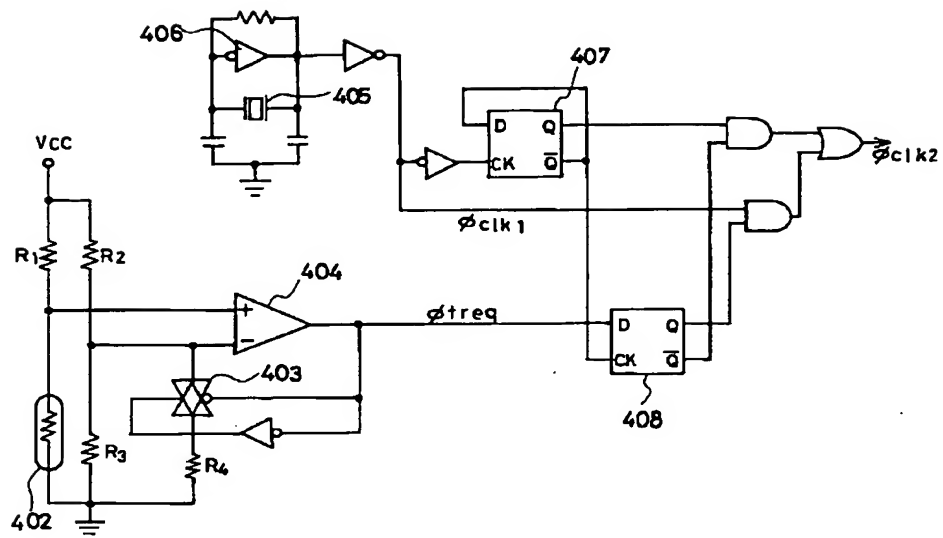
【図 6】



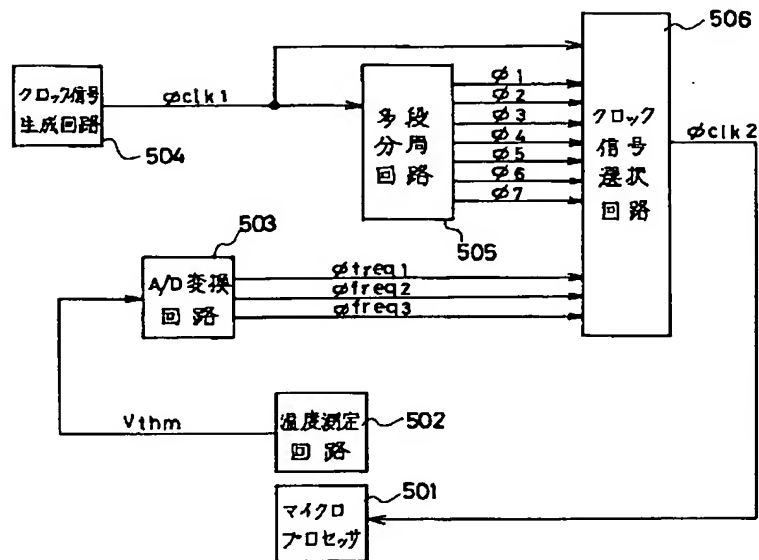
【図 3】



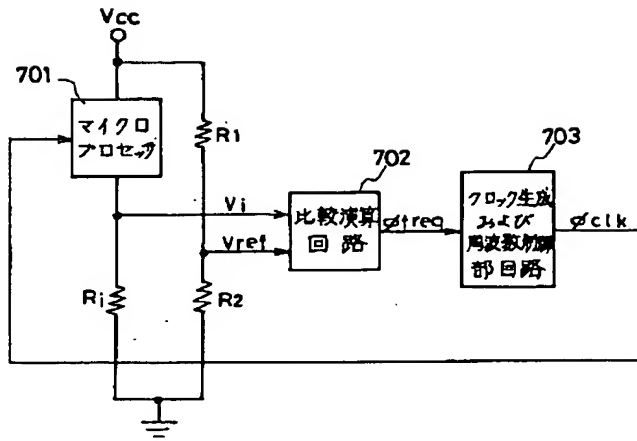
【図 4】



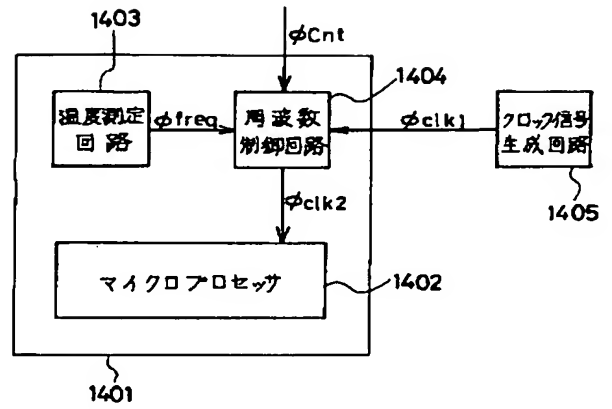
【図 5】



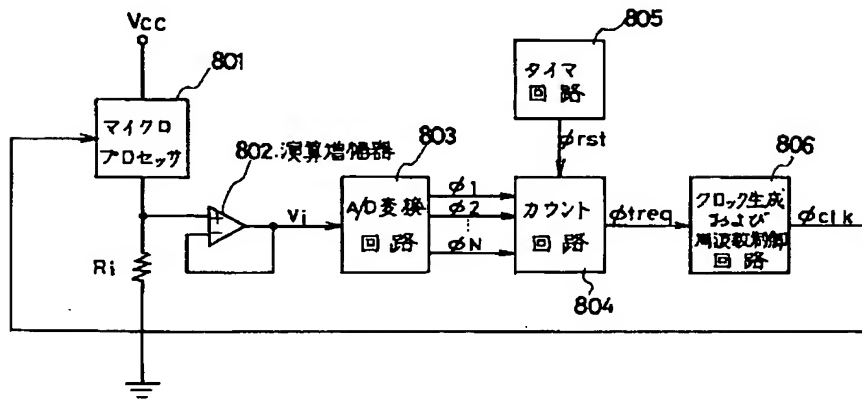
【図 7】



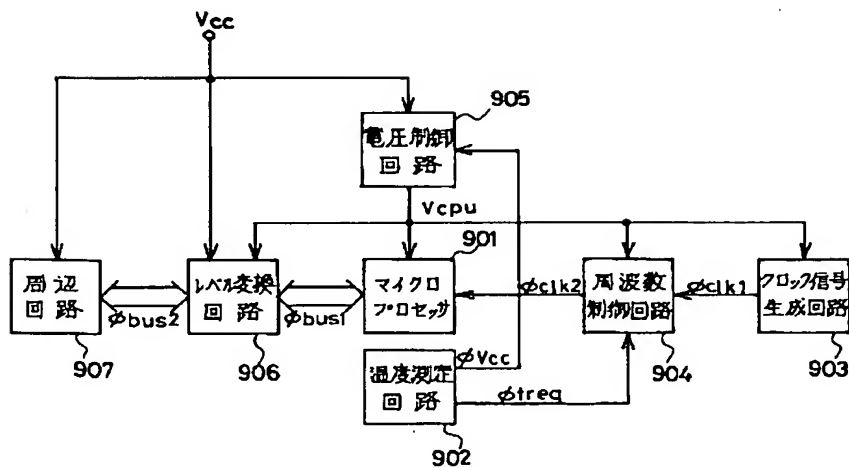
【図 14】



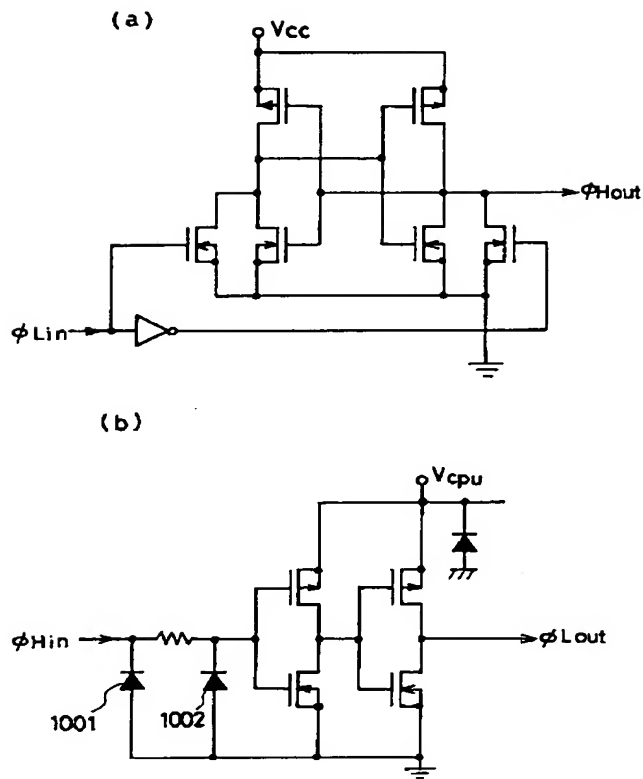
【図 8】



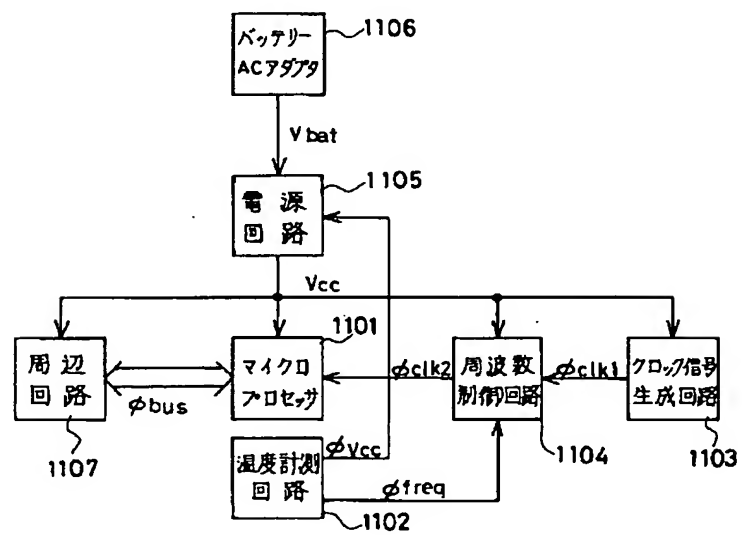
【図 9】



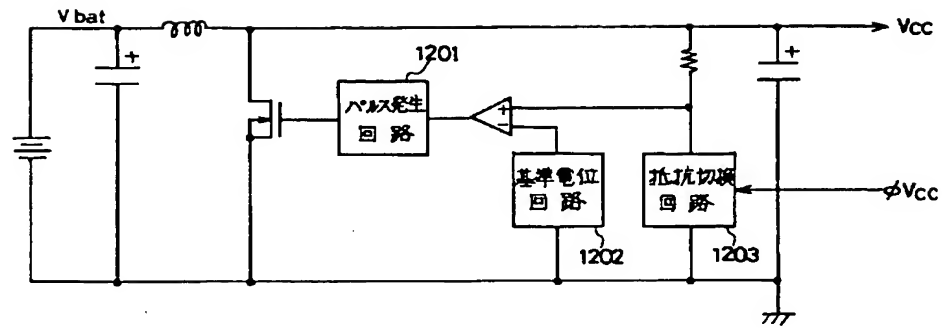
【図10】



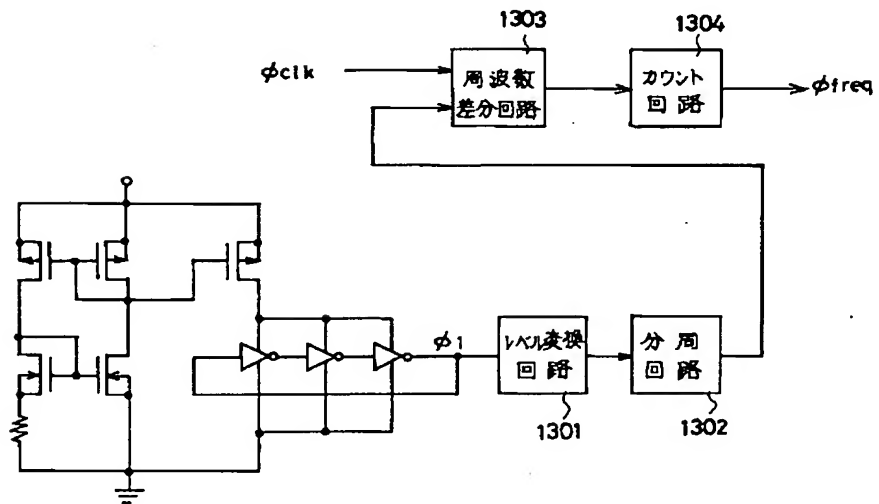
【図11】



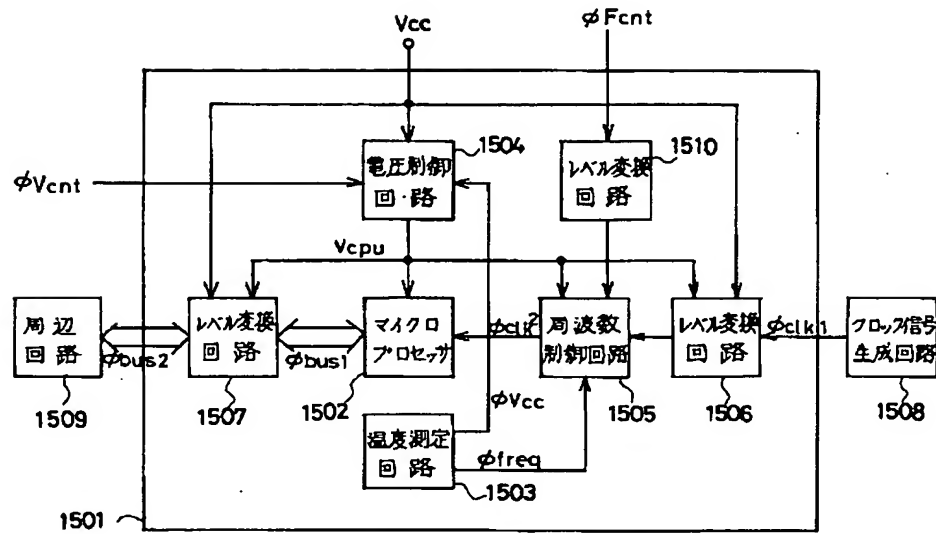
【図 1 2】



【図 1 3】



【図 15】



フロントページの続き

(72)発明者 佐藤 隆彦
 埼玉県所沢市大字下富字武野840番地 シ
 チズン時計株式会社技術研究所内